·医学循证·

闭合与切开复位克氏针固定治疗儿童肱骨外髁骨折疗效与安全性的 Meta 分析

孟超[1]，孟真[2]，黄欣[1]，杨群[3]，赵逢华[1*]

1.277500 山东省滕州市，济宁医学院附属滕州市中心人民医院小儿外科
2.277500 山东省滕州市中医医院质量控制科
3.277500 山东省滕州市，济宁医学院附属滕州市中心人民医院感染科
*通信作者：赵逢华，主任医师；E-mail：cqhq2019@126.com

【摘要】 **背景** 对于移位明显的儿童肱骨外髁骨折，传统治疗方法为切开复位后内固定治疗，但近年来采用闭合复位后克氏针固定治疗儿童肱骨外髁骨折的报道渐多，但究竟那种手术方式的疗效与安全性更高，存在一定的争议。**目的** 对闭合复位经皮穿针（CRPP）、切开复位克氏针内固定（ORKF）在小儿肱骨外髁骨折中的应用效果及安全性进行评价。**方法** 计算机检索包括中国知网、万方数据知识服务平台、维普网、中国生物医学文献数据库、PubMed、Embase、Cochrane Library 和 Web of Science 在内的中文和英文数据库，检索时间为各数据库建立至 2023-01-01。筛选两种手术方法治疗小儿肱骨外髁骨折的病例对照研究后，对其进行文献质量评价并提取数据。运用 RevMan 5.3 软件进行 Meta 分析，对两种手术方式的相关疗效及安全性指标进行比较。**结果** 共纳入 16 篇文献进行 Meta 分析，包括 1 165 名患儿。Meta 分析结果显示，CRPP 组患儿手术时间短于 ORKF 组（MD=-11.81，95%CI=-15.04~-8.58，P<0.000 01），术中出血量低于 ORKF 组（MD=-3.36，95%CI=-4.37~-2.36，P<0.000 01），术后骨折愈合时间短于 ORKF 组（MD=-3.92，95%CI=-6.80~-1.03，P=0.008），克氏针存留时间短于 ORKF 组（MD=-3.35，95%CI=-6.33~-0.38，P=0.03），术后肘关节功能恢复优良率高于 ORKF 组（OR=0.44，95%CI=0.25~0.76，P=0.006），术后总体并发症的发生率低于 ORKF 组（OR=0.33，95%CI=0.19~0.56，P<0.000 1），浅表感染的发生率低于 ORKF 组（OR=0.39，95%CI=0.21~0.73，P=0.003）；而两组深部感染、不良愈合、肱骨外髁缺血坏死发生率比较，差异无统计学意义（P>0.05）。**结论** CRPP 治疗儿童肱骨外髁骨折，无论从效果还是从整体并发症上均优于 ORKF，但在具体并发症方面尚需更多高质量文献进一步验证。

【关键词】 骨折固定术；肱骨外髁骨折；闭合复位经皮穿针；切开复位克氏针内固定；儿童；Meta 分析
【中图分类号】 R 687.3 【文献标识码】 A DOI：10.12114/j.issn.1007-9572.2023.0391

Efficacy and Safety of Closed Reduction Percutaneous Pinning Versus Open Reduction with Kirschner Wire Fixation for Paediatric Lateral Humeral Condyle Fractures：a Meta-analysis

MENG Chao[1]，*MENG Zhen*[2]，*HUANG Xin*[1]，*YANG Qun*[3]，*ZHAO Fenghua*[1*]

1.*Department of pediatric surgery*，*the Affiliated Tengzhou Central People's Hospital of Jining Medical University*，*Tengzhou* 277500，*China*
2.*Department of quality control*，*Tengzhou Hospital of Traditional Chinese Medicine*，*Tengzhou* 277500，*China*
3.*Department of infectious diseases*，*the Affiliated Tengzhou Central People's Hospital of Jining Medical University*，*Tengzhou* 277500，*China*
**Corresponding author*：*ZHAO Fenghua*，*Chief physician*；*E-mail*：*cqhq*2019@126.*com*

【Abstract】 **Background** Traditionally，open reduction with Kirschner wire fixation（ORKF）is used to treat paediatric patients with significantly displaced lateral humeral condyle fractures. However，in recent years，the use of closed reduction percutaneous pinning（CRPP）to treat lateral humeral condyle fractures in children has been increasingly reported.

引用本文：孟超，孟真，黄欣，等. 闭合与切开复位克氏针固定治疗儿童肱骨外髁骨折疗效与安全性的 Meta 分析［J］. 中国全科医学，2023. DOI：10.12114/j.issn.1007-9572.2023.0391.［Epub ahead of print］.［www.chinagp.net］

MENG Chao，MENG Zhen，HUANG Xin，et al. Efficacy and safety of closed reduction percutaneous pinning versus open reduction with Kirschner wire fixation for paediatric lateral humeral condyle fracture: a meta-analysis［J］. Chinese General Practice，2023.［Epub ahead of print］.

However, there is some controversy as to which surgical technique is more effective and safe. **Objective** To evaluate the efficacy and safety of CRPP and ORKF in paediatric patients with lateral humeral condyle fractures. **Methods** Chinese databases including CNKI, Wanfang, VIP and CBM and English databases including PubMed, Embase, Cochrane Library and Web of Science were searched from inception to 2023-01-01 for the case-control studies of CRPP and ORKF to treat the lateral humeral condyle fractures, the quality of the literature was evaluated and data were extracted. RevMan 5.3 software was performed to conduct a Meta-analysis comparing the relevant efficacy and safety indexes of the two surgical techniques. **Results** A total of 16 studies involving 1 165 cases were included for this Meta-analysis. The results of meta-analysis indicated that CRPP was superior in status of surgical time (MD=-11.81, 95%CI=-15.04, -8.58, P<0.000 01), intraoperative bleeding (MD=-3.36, 95%CI=-4.37--2.36, P<0.000 01), postoperative fracture healing time (MD=-3.92, 95%CI=-6.80--1.03, P=0.008), Kirschner wire rtention time (MD=-3.35, 95%CI=-6.33--0.38, P=0.03), and postoperative functional recovery of elbow joint (OR=0.44, 95%CI=0.25-0.76, P=0.006). The incidence of overall postoperative complications (OR=0.33, 95%CI=0.19-0.56, P<0.000 1) and superficial infections (OR=0.39, 95%CI=0.21-0.73, P=0.003) was lower than that in the ORKF group. However, there is no statistically significant difference in the deep infections, poor fracture healing, and ischemic necrosis of the lateral condyle between the two groups (P>0.05). **Conclusion** CRPP was superior to ORKF in the treatment of pediatric lateral humeral condyle fractures, both in terms of efficacy and overall complications, but more high-quality studies are needed to further validate CRPP in terms of specific complications.

【Key words】 Fracture fixation; Humeral lateral condylar fracture; Closed reduction percutaneous pinning; Open reduction with Kirschner wire fixation; Child; Meta-analysis

肱骨外髁骨折在儿童肘部骨折中比较常见，12%~20% 的肘部骨折即为此种类型[1]，其中在 5~10 岁儿童中比较常见，因为骨折累及关节面，因此骨折后复位要求较高，治疗的目的是恢复关节面光滑，以最大限度降低对关节功能的影响，其中手术治疗主要针对于移位 2 mm 以上或骨折块翻转的患儿。切开复位克氏针内固定（open reduction with Kirschner wire fixation，ORKF）是传统的经典手术方式[2]，术后给予牢固的外固定。近年来，闭合复位经皮穿针（closed reduction percutaneous pinning，CRPP）治疗肱骨外髁骨折的报道逐渐增多，主要是借助于 X 线或超声技术，闭合复位后将克氏针经皮肤穿入进行固定。但究竟哪一种手术方式更好存在一定分歧，因此在进行临床决策制订时存在难以抉择的情况，并且目前也没有相关的循证医学的证据可以借鉴，本文希望通过 Meta 分析对两种手术方式进行比较，主要从一般临床资料、肘关节功能及并发症三个方面分析比较两种手术方法的优缺点，希望能为临床决策的制订提供一定参考。

1 资料与方法

1.1 文献检索

计算机检索中文数据库中国知网、万方数据知识服务平台、维普网、中国生物医学文献数据库，英文数据库 PubMed，Embase，Cochrane Library，Web of Science。中文检索词：肱骨外髁骨折、儿童、复位、闭合 / 开放。英文检索词：humeral fractures，distal；humeral lateral condylar fracture；humerus lateral condylar fracture；lateral condylar fracture of the elbow；child；children；pediatric。检索时间：各数据库建立至 2023-01-01。以 PubMed 为例文献检索策略见表 1。

表 1 PubMed 检索策略
Table 1 Search strategy of PubMed

检索步骤	检索式
#1	Humeral Fractures，Distal［Mesh］
#2	Lateral Condyle Fracture of Humerus［Title/Abatract］
#3	Lateral Condylar Fractures of Humerus［Title/Abatract］
#4	Lateral Condylar Fracture of Humerus［Title/Abatract］
#5	Lateral Humeral Condyle Fractures［Title/Abatract］
#6	Lateral Condyle Fractures of Humerus［Title/Abatract］
#7	#1 OR #2 OR #3 OR #4 OR #5 OR #6
#8	Chlid［Mesh］
#9	Children［Title/Abatract］
#10	Pediatric［Title/Abatract］
#11	#8 OR #9 OR #10
#12	#7 AND #11

1.2 文献纳入与排除标准

1.2.1 纳入标准：（1）研究类型为 ORKF 或 CRPP 治疗小儿肱骨外髁骨折的所有病例对照研究，包括病例对照研究、回顾性或前瞻性队列研究。（2）研究对象为 16 周岁以下患儿，不限种族、国籍、性别。（3）结局指标包括一般临床指标、肘关节功能、并发症等治疗过程中的一项或多项指标。（4）语种限定为中、英文文献。

1.2.2 排除标准：（1）病例报道，会议摘要或者综述等。（2）多处骨折或开放性骨折；或者合并可能对治疗和

预后有重要影响的其他疾病。（3）手术中的内固定物为空心螺钉或其他非克氏针。（4）未能获得研究所需要的结果数据。

1.3 数据提取

数据由 2 名研究者独立提取，然后进行交叉检查，结果不一致协商解决，必要时咨询第 3 名研究者。提取文章的基本信息（第一作者、出版年份、国家、研究类型、样本量、随访时间等）和重点关注的结局指标（一般临床资料、肘关节功能、并发症）。

肘关节功能恢复情况是本次分析的重要结果指标，但不同研究的肘关节功能评估标准不同，仔细阅读各个标准具体内容后，认为其差异可以接受，从优、良、中、差四个等级对肘关节功能进行评价，主要比较 CRPP 组与 ORKF 组中优良率的差异。

1.4 文献质量评价

采用改进的 Jadad 量表对随机对照研究进行评价，主要从随机法、分布隐藏、盲法、失访和退出 5 个方面进行评价，1~3 分为低质量研究，4~7 分为高质量研究。前瞻性和回顾性队列研究采用纽卡斯尔 - 渥太华量（Newcastle-Ottawa Scale，NOS）进行评估，主要从人群选择、可比性、结果 / 暴露方面进行评价，最高得分 9 分，只纳入≥ 5 分的研究。

1.5 统计学分析

运用 RevMan 5.3 软件进行 Meta 分析，以均数差（*MD*）为连续性变量的效应指标，以比值比（*OR*）为二分类变量的效应指标，并计算 *MD*、*OR* 的点估计值及其 95%*CI*。异质性检验采用 χ^2 检验（检验水准 P=0.05），并计算 I^2 值，对于异质性较低者（I^2<50%，P>0.05），采用固定效应模型分析；反之，则采用随机效应模型分析，并进一步进行敏感性分析。对纳入文献数≥ 10 篇的结局指标绘制漏斗图并进行 Egger's 检验评价文献发表偏倚。以 P<0.05 为差异有统计学意义。

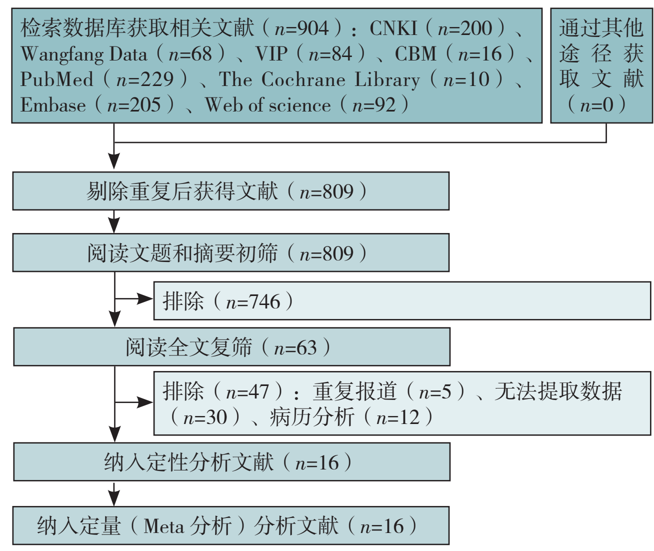
2 结果

2.1 文献筛选流程及结果

初始检索中英文数据库共检出文献 904 篇，通过 Endnote 软件剔除重复文献后剩余 809 篇，进一步阅读文章题目和摘要后排除 746 篇，剩余 63 篇，最后通读全文排除重复报道、病例分析等文献后共纳入 16 篇文献[3-18]，文献筛选流程及结果见图 1。

2.2 文献基本特征及质量评价

纳入的 16 篇文献中，随机对照研究 2 篇[3，10]和回顾性病例对照研究 11 篇[4-9，11-12，15-17]，前瞻性队列研究 3 篇[13，14，18]，共包括 1165 例患儿，其中 ORKF 组 713 例，CRPP 组 452 例。文献基本特征及质量评价结果见表 2。



注：CNKI= 中国知网，Wangfang Data= 万方数据知识服务平台，VIP= 维普网，CBM= 中国生物医学文献数据库。

图 1 文献筛选流程图

Figure 1 Literature screening flow chart

2.3 Meta 分析结果

2.3.1 一般临床资料

2.3.1.1 手术时间：共 8 篇文献[4-7，10-11，14，17]报道了手术时间，其中 CRPP 组 218 例，ORKF 组 397 例。异质性检验显示各研究间异质性较高（I^2=69%，P=0.002），采用随机效应模型进行 Meta 分析，结果显示，CRPP 组手术时间短于 ORKF 组（*MD*=-11.81，95%*CI*=-15.04~-8.58，P<0.000 01）（图 2）。

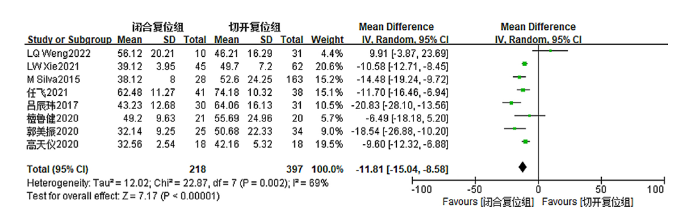


图 2 CRPP 组与 ORKF 组手术时间比较的森林图

Figure 2 Forest plot for comparing surgical time between the CRPP group and ORKF group

2.3.1.2 出血量：共 4 篇文献[4-5，7，10]报道了术中出血量，其中 CRPP 组 117 例，ORKF 组 123 例。异质性检验显示各研究间异质性较低（I^2=44%，P=0.15），采用固定效应模型进行 Meta 分析，结果显示，CRPP 组术中出血量低于 ORKF 组（*MD*=-3.36，95%*CI*=-4.37~-2.36，P<0.000 01）（图 3）。

2.3.1.3 骨折愈合时间：共 6 篇文献[3-7，11]报道了术后骨折愈合时间，其中 CRPP 组 161 例，ORKF 组 173 例。异质性检验显示各研究间异质性较高（I^2=76%，P=0.000 9），采用随机效应模型进行 Meta 分析，结果显示，CRPP 组术后骨折愈合时间短于 ORKF 组（*MD*=-



表 2 纳入文献基本特征及质量评价

Table 2 Basic characteristics and quality assessment of the included literature

第一作者	发表年份（年）	国家	研究类型	样本量（C/O）	随访时间	骨折分型标准	肘关节功能评价标准	结局指标	文献质量评分（分）	
									Jadad 评分	NOS 评分
郭力群[3]	2010	中国	RCT	46/32	6 个月	Wadsworth	Mayo	Ⅳ、Ⅴ、Ⅵ、Ⅶ	2	
檀鲁健[4]	2020	中国	RCS	21/20	11.38/23.25 个月	Jakob	Llynn	Ⅰ、Ⅱ、Ⅳ、Ⅴ、Ⅵ、Ⅷ		5
任飞[5]	2021	中国	RCS	41/38	未提及	Jakob	未提及	Ⅰ、Ⅱ、Ⅳ、Ⅴ、Ⅵ、Ⅶ、Ⅹ		6
高天仪[6]	2020	中国	RCS	18/18	5 个月	Song	Broberg-Morrey/flynn	Ⅳ、Ⅴ、Ⅶ、Ⅵ		6
郭美振[7]	2020	中国	RCS	25/34	17~31 个月	Jakob	Broberg-Morrey	Ⅰ、Ⅱ、Ⅳ、Ⅵ、Ⅴ、Ⅶ、Ⅹ		6
鲍兴[8]	2014	中国	RCS	20/22	15 个月	Milch	Hardacre	Ⅴ		6
袁悦[9]	2022	中国	RCS	20/20	12 个月	Song	Hardacre	Ⅴ、Ⅵ、Ⅶ、Ⅸ、Ⅹ		5
吕辰玮[10]	2017	中国	RCT	30/31	≥ 3 个月	Jakob	Mayo	Ⅰ、Ⅱ、Ⅴ	3	
WENG[11]	2022	中国	RCS	10/31	≥ 6 个月	Song	Llynn	Ⅰ、Ⅳ、Ⅴ、Ⅵ、Ⅶ、Ⅷ、Ⅸ、Ⅹ		7
JUSTUS[12]	2017	美国	RCS	31/141	18.17 周	Song	未提及	Ⅲ、Ⅵ、Ⅶ、Ⅷ、Ⅹ		6
SONG[13]	2009	韩国	PCS	18/6	12~43 个月	未提及	Hardacre	Ⅴ		6
SILVA[14]	2015	美国	PCS	28/163	≥ 12 周	Milch	未提及	Ⅰ、Ⅴ、Ⅵ、Ⅶ、Ⅸ、Ⅹ		7
PENNOCK[15]	2016	美国	RCS	23/51	平均 6 个月	Milch	未提及	Ⅵ、Ⅶ、Ⅷ、Ⅸ		6
LIU[16]	2022	中国	RCS	39/36	≥ 12 个月	Milch	Hardacre	Ⅴ、Ⅵ、Ⅶ、Ⅷ、Ⅸ		7
XIE[17]	2021	中国	RCS	45/62	13.9 个月	Song	Hardacre	Ⅰ、Ⅲ、Ⅴ		6
RIZK[18]	2018	埃及	PCS	37/8	18.60+3.04 个月	Song	Aggarwal	Ⅲ、Ⅴ、Ⅵ、Ⅶ		5

注：C 为闭合复位经皮穿针，O 为切开复位克氏针固定；结局指标包括Ⅰ手术时间、Ⅱ出血量、Ⅲ克氏针存留时间、Ⅳ骨折愈合时间、Ⅴ肘关节功能、Ⅵ总体并发症、Ⅶ浅表感染（皮肤、针道）、Ⅷ深部感染（包括骨髓炎、化脓性关节炎）、Ⅸ肱骨外髁缺血坏死、Ⅹ不良愈合（延迟、畸形愈合或者不愈合）；RCT= 随机对照研究，RCS= 回顾性病例对照研究，PCS= 前瞻性队列研究。

3.92，95%*CI*=-6.80~-1.03，*P*=0.008）（图 4）。

Study or Subgroup	闭合复位组 Mean	SD	Total	切开复位组 Mean	SD	Total	Weight	Mean Difference IV, Fixed, 95% CI
任飞2021	16.39	10.48	41	22.36	9.82	38	5.0%	-5.97 [-10.45, -1.49]
吕辰玮2017	15.1	2.19	30	20.36	6.35	31	18.0%	-5.26 [-7.63, -2.89]
檀鲁健2020	3.21	1.23	21	6.6	4.57	20	23.5%	-3.39 [-5.46, -1.32]
郭美振2020	3.65	1.33	25	6.12	3.78	34	53.5%	-2.47 [-3.84, -1.10]
Total (95% CI)			117			123	100.0%	-3.36 [-4.37, -2.36]

Heterogeneity: Chi² = 5.39, df = 3 (P = 0.15); I² = 44%
Test for overall effect: Z = 6.57 (P < 0.00001)
-100 -50 0 50 100
Favours [闭合复位组] Favours [切开复位组]

图 3 CRPP 组与 ORKF 组术中出血量比较的森林图

Figure 3 Forest plot for comparing intraoperative bleeding between the CRPP group and ORKF group

Study or Subgroup	闭合复位组 Mean	SD	Total	切开复位组 Mean	SD	Total	Weight	Mean Difference IV, Random, 95% CI
Liuqi Weng2022	31.5	3.71	10	40.88	9.38	31	15.7%	-9.38 [-13.40, -5.36]
任飞2021	52.71	11.48	41	58.59	12.32	38	12.9%	-5.88 [-11.14, -0.62]
檀鲁健2020	35.1	5.99	21	40.35	6.9	20	15.8%	-5.25 [-9.21, -1.29]
郭力群2010	39.27	5.46	46	43.47	6.44	32	18.8%	-4.20 [-6.93, -1.47]
郭美振2020	54.6	4.97	25	56.07	5.53	34	18.9%	-1.47 [-4.16, 1.22]
高天仪2020	27.22	4.08	18	26.05	5.26	18	18.0%	1.17 [-1.91, 4.25]
Total (95% CI)			161			173	100.0%	-3.92 [-6.80, -1.03]

Heterogeneity: Tau² = 9.58; Chi² = 20.93, df = 5 (P = 0.0008); I² = 76%
Test for overall effect: Z = 2.66 (P = 0.008)
-100 -50 0 50 100
Favours [闭合复位] Favours [切开复位]

图 4 CRPP 组与 ORKF 组骨折愈合时间比较的森林图

Figure 4 Forest plot for comparing fracture healing time between the CRPP group and ORKF group

2.3.1.4 克氏针存留时间：3 篇文献[12，17-18]报道了术后克氏针存留时间，其中 CRPP 组 113 例，ORKF 组 211 例。异质性检验显示各研究间异质性较低（I^2=33%，*P*=0.22），采用固定效应模型进行 Meta 分析，结果显示，CRPP 组克氏针存留时间短于 ORKF 组（*MD*=-3.35，95%*CI*=-6.33~-0.38，*P*=0.03）（图 5）。

2.3.2 肘关节功能：共 11 篇文献[3-7，9-11，13-14，18]对术后肘关节功能恢复情况进行了报道，其中 CRPP 组 294 例，ORKF 组 401 例。异质性检验显示各研究间异质性较低（I^2=0%，*P*=0.52），采用固定效应模型进行 Meta 分析，结果显示，CRPP 组术后肘关节功能恢复优良率高于 ORKF 组（*OR*=0.44，95%*CI*=0.25~0.76，*P*=0.006）（图 6）。

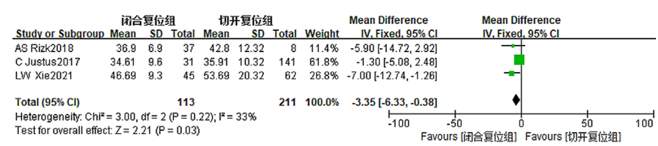


图 5 CRPP 组与 ORKF 组克氏针保留时间比较的森林图

Figure 5 Forest plot for comparing Kirschner wire rtention time between the CRPP group and ORKF group

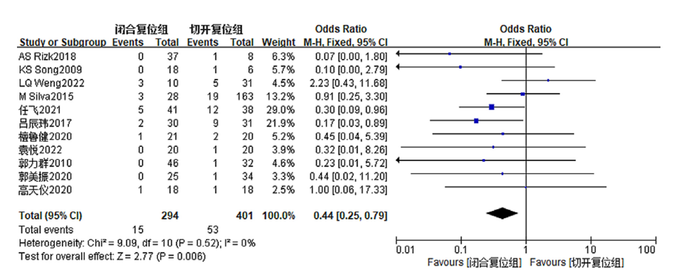


图 6 CRPP 组与 ORKF 组肘关节功能比较的森林图

Figure 6 Forest plot for comparing functional recovery of elbow joint between the CRPP group and ORKF group

2.3.3 并发症

2.3.3.1 总体并发症：共 12 篇文献[3-7，9，11-12，14-16，18]报道了术后总体并发症的发生情况，其中 CRPP 组 339 例，ORKF 组 592 例。异质性检验显示 I^2=0%，P=0.50，故采用固定效应模型进行 Meta 分析，结果显示，CRPP 组术后总体并发症的发生率低于 ORKF 组（OR=0.33，95%CI=0.19~0.56，P<0.000 1）（图 7）。

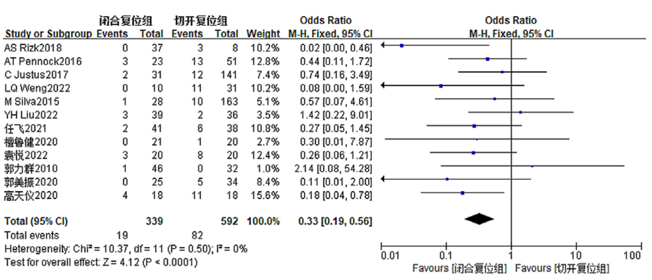


图 7 CRPP 组与 ORKF 组总体并发症比较的森林图

Figure 7 Forest plot for comparing the incidence of overall complications between the CRPP group and ORKF group

2.3.3.2 具体并发症：选取其中报道较多且能提取具体数值的具体并发症，包括浅表感染（皮肤感染、针道感染）[3，5-7，9，11-12，14-16，18]、深部感染（包括骨髓炎、化脓性关节炎）[4，11-12，15-16]、不良愈合（包括延迟、畸形愈合或者不愈合）[5，7，9，11-12，14]、肱骨外髁缺血坏死[9，14-16]进行 Meta 分析后，CRPP 组浅表感染的发生率低于 ORKF 组（OR=0.39，95%CI=0.21~0.73，P=0.003）；而两组深部感染、不良愈合、肱骨外髁缺血坏死发生率比较，差异无统计学意义（P>0.05），见表 3。

2.4 敏感性分析

对于异质性较大（I^2 ≥ 50%，P ≤ 0.05，包括手术时间、骨折愈合时间）的结局指标首先改变 Meta 分析所采用的效应模型，Meta 分析的结论没有明显变化，然后再依次剔除每一项研究后仍然没有发现明显的异质性变化，提示本次 Meta 分析的结论较为稳健可靠。

2.5 发表偏倚评价

本研究中仅有肘关节功能、总体并发症、浅表感染 3 个指标纳入文献≥ 10 篇，通过绘制漏斗图发现肘关节功能漏斗图对称性欠佳，Egger's 检验提示存在发表偏倚（t=3.25，P=0.009），见图 8。总体并发症、浅表感染的漏斗图则对称性良好，Egger's 检验提示不存在发表偏倚（t=−1.02，P=0.406；t=0.58，P=0.713），见图 9、10。

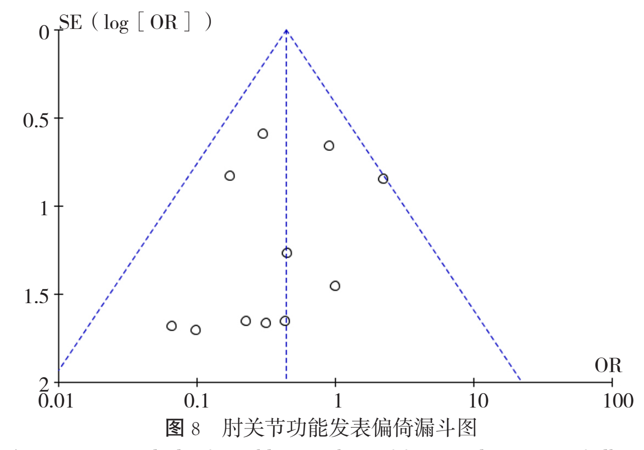


图 8 肘关节功能发表偏倚漏斗图

Figure 8 Funnel plot for publication bias of functional recovery of elbow joint

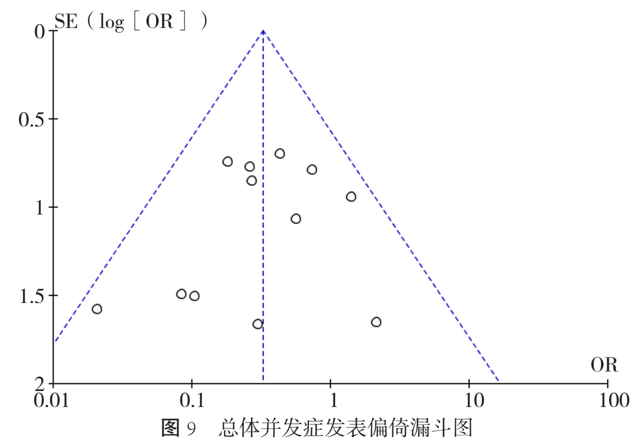


图 9 总体并发症发表偏倚漏斗图

Figure 9 Funnel plot for publication bias of overall complications

3 讨论

儿童肱骨外髁骨折的发生机制多为间接暴力[19]，因其骨折位置的特殊性，可能发生骨折愈合不良，肱骨外髁缺血性坏死，肘内、外翻畸形，运动障碍等并发症[20-21]，甚至肘关节功能丧失[22-23]。骨折没有移位，或移位 <2 mm 可以采用保守治疗方法[24-26]，但是对于

表 3 具体并发症的 Meta 分析结果

Table 3 Meta-analysis results of specific complications

具体并发症	文献数量	样本量		异质性检验		分析模型	OR 值	95%CI	P 值
		CRPP	ORKF	I^2（%）	P 值				
浅表感染	11[3，5-7，9，11-12，14-16，18]	318	572	8	0.37	固定	0.39	0.21~0.73	0.003
深部感染	5[4，11-12，15-16]	124	279	0	0.86	固定	0.66	0.18~2.41	0.530
不良愈合	5[5，7，9，11-12，14]	145	396	0	0.80	固定	0.57	0.17~1.89	0.360
肱骨外髁缺血坏死	4[9，14-16]	110	270	0	0.80	固定	0.75	0.18~3.14	0.690

注：CRPP= 闭合复位经皮穿针，ORKF= 切开复位克氏针内固定。

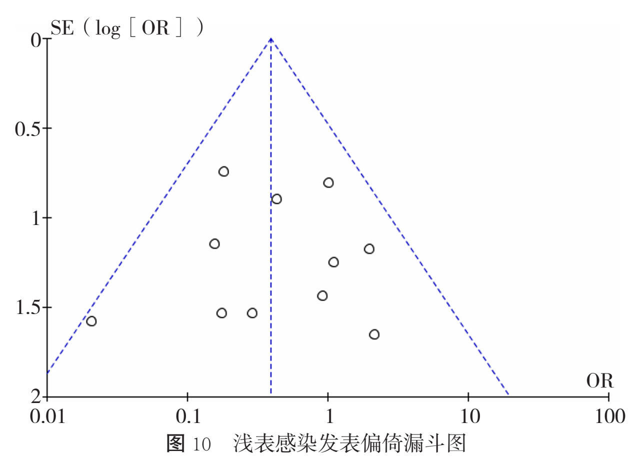


图 10 浅表感染发表偏倚漏斗图
Figure 10 Funnel plot for publication bias of superficial infections

移位≥ 2 mm 甚至出现了翻转的患者，手术干预将成为最佳的选择[27-29]。CRPP 与 ORKF 均是临床上应用广泛的手术方式，但对其具体的治疗方案的选择仍有较大的争论，术后肘关节功能、手术并发症是目前文献中普遍关注的内容。部分学者主张采用 CRPP，认为经肘关节外侧逐层切开进行 ORKF，会破坏骨折端的血运，进而影响骨折的愈合，严重者可能发生肱骨外髁缺血坏死[30]。但是，过于强调闭合复位，反复多次闭合复位会增加软组织、血管、神经损伤的几率，同样是一部分学者担忧的问题。SONG 等[31]建议手术方式为 CRPP，GASTON 等[32]则认为 ORKF 有更大的优势，能获得更加满意的效果。鉴于此，本文检索两种治疗方式的相关文献，综合提取各个指标后，进一步分析二者的优缺点。

目前肱骨外髁骨折的分型标准较多，本文纳入的 16 篇研究中，4 篇研究[4, 5, 7, 10]采用 Jakob 分型，骨折均在Ⅱ型以上；6 篇研究[6, 9, 11-12, 17-18]采用 Song 分型，骨折均为Ⅲ ~ Ⅴ型；4 篇研究[8, 14-16]采用 Milch 分型，骨折均为Ⅱ型；1 篇研究[3]为 Wadsworth 分型，骨折均为Ⅱ ~ Ⅲ型; 1 篇研究[13]没有报道骨折的具体分型标准，但描述了平均骨折位移位为 9.5 mm。综合分析，本研究纳入的所有患儿都有明确的手术指征，因此能够进行结局指标的合并分析。

首先从一般临床资料来看，CRPP 在手术时间、出血量两方面均具有明显的优势。通过术中超声或 C 臂技术，CRPP 不仅可以减轻对软组织的进一步损伤，减少失血，同时可以极大地缩短切口开关所需的时间。借助于超声或 C 臂等，同样可以实现在直视下的复位效果，这一点在既往儿童骨折的 CRPP 治疗中已经证实[33]。当然，在这个过程中既要掌握术中超声、C 臂的操作方法，同时又要不断熟练肱骨外髁骨折 CRPP 的方法。

Meta 分析结果显示，CRPP 组克氏针存留时间、骨折愈合时间明显短于 ORKF 组，究其原因在进行 ORKF 时，为充分显露手术视野，需要剥离过多的肌肉、韧带等软组织，这一过程无疑会破坏骨组织的血液供应，不利于的骨折的愈合，而在 CRPP 过程中，则能很好的避免这一缺点，良好的血液供应是骨折快速愈合的重要条件，所以克氏针存留时间、骨折愈合时间会明显缩短。HUGHES 等[34]曾利用超声对闭合复位手术治疗的多种类型骨折患者进行随访，发现其骨痂生长情况均明显优于开放手术患者，也能一定程度印证了本次分析的结论。

有文献报道认为 CRPP 术后肘关节功能恢复速度更快，尤其对于移位 <4 mm 的骨折[35-37]。但也有研究认为，对于骨折块发生翻转的患儿，CRPP 则会对术后的肘关节功能的恢复产生不利影响，故推荐使用切开复位[38]；也有文献报道，手术方法并非肘关节功能恢复的主要决定因素，骨折严重程度和分型也是重要的影响因素[39]。SAHU[29]曾报道 85 例肱骨外髁骨折患儿，CRPP 术后肘关节功能优良率达到了 98.8%，高于本研究的 94.90%，但 CRPP 组的肘关节功能恢复要优于 ORKF 组。可能是由于 CRPP 组的患者术后疼痛较轻，且骨折的愈合时间较短，进而可以可早期拔除克氏针，肘关节功能锻炼可以更早的进行，成为肘关节功能快速恢复的一个有利因素[40]。肌肉松弛和收缩可以有效发挥血液循环泵的功能，血液营养的充足促进了创伤修复、骨折愈合，同时促进关节囊内润滑液分泌，促进关节软骨创伤的恢复。而 ORKF 组不仅不能更早的功能锻炼，而且较高的并发症发生率也会影响到患儿的功能锻炼，不利于关节功能的恢复。

骨折侧面附着的肌肉和筋膜是小儿骨骺的重要的血液来源，在骨折初次创伤后，进一步的切开复位，必然进一步影响到骨骺的血液供应。因此有学者认为切开复位会增加术后骨骺相关并发症的发生，IAMES 等[41]曾经报道过 ORKF 会引起医源性并发症，如骨折愈合不良，肱骨外髁缺血性坏死等。ANIL 等[42]也在跟踪研究中发现 ORKF 对骨折处软组织的破坏造成了骨骺相关并发症的发生，同时肘关节功能的恢复必然也会受到这些并发症的影响。本文在进行总体并发症分析时发现，CRPP 组总体并发症的发生率要低于 ORKF 组，与上述研究类似。

针道、针眼感染和切口感染等浅表感染性并发症，通过应用抗生素后一般都能控制，当然部分患儿在拔除克氏针后才能恢复。但深部感染治疗往往比较复杂，如化脓性关节炎、骨髓炎等一旦治疗不当，就会有不同程度后遗症。通过对 11 篇研究的总结，可以看出 CRPP 在预防浅表感染上有明显的优势，但两种手术方式深部感染的发生率比较无统计学差异。NAZARETH 等[28]比较了 8 例闭合复位与 30 例切开复位肱骨外髁骨折患儿，发现术后感染的发生情况与手术方式并无明显关系，但其研究并未区分浅表感染和深部感染，且其固定材料同

时包含了克氏针和空心螺钉两种方式，并未进行区分，因此和本次分析的结论有一定的区别。

导致愈合不良愈合的原因很多，可能与骨折本身或者手术引起软组织损伤、骨折块血供破坏有关，另外，术后过早运动导致的骨折不稳定也可能有一定关系。研究认为 ORKF 会破坏骨折端血供，增加愈合不良的发生[30]，建议行 CRPP 治疗。但也有研究认为 CRPP 后更容易发生不良愈合[35]。本文综合 5 篇研究结果后发现 CRPP 组与 ORKF 组发生不良愈合的情况并没有明显差异。

肱骨外髁缺血坏死是肱骨外髁骨折的严重并发症，可严重影响肘关节功能，但其病因尚未明确。SHABTAILIORL 等[43]报道其发生率约 1.4%，并从解剖学的角度认为其是由于软组织的损伤，从生理学的角度解释其原因为骨折部位血液供应的丧失，而导致这些情况发生的根本原因是由于创伤和手术共同作用的结果。SKAK 等[44]报道了肱骨外髁缺血坏死的发生率为 0~7%，而且而肱骨外髁缺血坏死还可能导致后续的并发症，比如肘关节外翻，但是骨坏死的治疗比较复杂，且预后不佳，要尽可能降低其发生率。虽然有报道认为 CRPP 能降低骨坏死的发生率[45]，但是本文在综合分析 4 篇文献的结果后发现，肱骨外髁缺血坏死在两组患儿中并没有明显差异，ORKF 并没有明显增加骨坏死的发生情况，但是样本量偏小也许会影响结论的可靠性。

本次 Meta 分析对于异质性较大的手术时间、骨折愈合时间两项结局指标（$I^2 \geq 50\%$，$P \leq 0.05$）进行敏感性分析，分析结果证实本次分析的结论较为稳健可靠。同时发表偏倚评价证实术后肘关节功能恢复情况存在一定的发表偏倚，原因可能是部分研究为小样本，或者研究方法缺乏严谨性等，而总体并发症、浅表感染两项指标则不存在发表偏倚。

综上所述，CRPP 患儿的手术时间、术后骨折愈合时间、克氏针存留时间短于 ORKF 患儿，术中出血量低于。ORKF 患儿，术后肘关节功能恢复优良率高于 ORKF 患儿，术后总体并发症、浅表感染的发生率低于 ORKF 患儿。CRPP 在疗效和安全性方面有一定的优势，因此对于对于小儿肱骨外髁的手术方式更倾向于选择 CRPP。但是本研究也存在不足之处：（1）本研究纳入文献中仅有 2 篇随机对照研究，且评分并不高，部分队列研究的样本量偏小，因此要想获得更加可靠的结果尚需更多大样本的随机对照研究。（2）本系统分析中，关节僵硬、肱骨髁停止发育等几个特定并发症虽然在文献中有报道，但由于无法获得具体数据或报道较少，因此仅分析整体并发症，以及浅表感染、深部感染、愈合不良、肱骨外髁缺血性坏死 4 种具体并发症；尚不足以完全说明 CRPP 在减少术后并发症方面的优势，影响了结论的可靠性，因此需要更大的样本量进行综合分析验证，涵盖更多的并发症种类，并对各并发症进行了详细分析。（3）CRPP 对于手术者水平要求较高，因此由于手术者熟练程度的不一致也可能对报道的结果产生一定的影响，结论的可靠性会降低。

作者贡献：孟超、孟真负责研究方案的提出与设计；黄欣负责资料收集、并进行数据分析；杨群负责绘图制表，孟超撰写论文初稿；赵逢华对论文整体负责，全体作者参与审校。

本文无利益冲突。

孟超：https://orcid.org/0000-0002-9639-5988

参考文献

[1] SHARMA H，SIBINSKI M，SHERLOCK D A. Outcome of lateral humeral condylar mass fractures in children associated with elbow dislocation or olecranon fracture［J］. Int Orthop，2009，33（2）：509-514. DOI：10.1007/s00264-007-0463-1.

[2] LEONIDOU A，CHETTIAR K，GRAHAM S，et al. Open reduction internal fixation of lateral humeral condyle fractures in children. A series of 105 fractures from a single institution［J］. Strategies Trauma Limb Reconstr，2014，9（2）：73-78. DOI：10.1007/s11751-014-0193-z.

[3] 郭力群 . 闭合复位克氏针内固定治疗儿童不稳定定型肱骨外髁骨折临床研究［D］. 广州：广州中医药大学，2010.

[4] 檀鲁健，王怀铿，吴海艺 . 闭合与切开复位内固定治疗儿童Ⅱ型肱骨外髁骨折的临床疗效分析［J］. 深圳中西医结合杂志，2020，30（20）：172-174. DOI：10.16458/j.cnki.1007-0893.2020.20.083.

[5] 任飞，郑丽远 . 不同复位内固定术治疗小儿 Jakob Ⅱ型肱骨外髁骨折的效果比较［J］. 中国实用医刊，2021，48（16）：15-18. DOI：10.3760/cma.j.cn115689-20210419-01466.

[6] 高天仪 . 超声辅助诊断儿童非旋转型肱骨外髁骨折及闭合复位克氏针固定疗效的初步研究［D］. 苏州：苏州大学，2020.

[7] 郭美振 . 超声引导下微创治疗儿童 Jakob Ⅱ型肱骨外髁骨折的临床研究［D］. 重庆：重庆医科大学，2020.

[8] 鲍兴，许瑞江，李文超 . 儿童肱骨外髁骨折切开与闭合复位内固定疗效比较［J］. 武警医学，2014，25（2）：127-129. DOI：10.14010/j.cnki.wjyx.2014.02.012.

[9] 袁悦，管之也，孙军，等 . 切开复位与闭合复位经皮克氏针固定治疗儿童 Song Ⅲ型肱骨外髁骨折的对比研究［J］. 临床小儿外科杂志，2022，21（6）：540-545. DOI：10.3760/cma.j.cn101785-202108034-008.

[10] 吕辰玮，林伟栋，沈鸿辉，等 . 正骨手法联合关节造影术治疗 Jakob Ⅱ型儿童肱骨外髁骨折临床分析［J］. 福建医药杂志，2021，43（4）：11-14. DOI：10.3969/j.issn.1002-2600.2021.04.004.

[11] WENG L Q，CAO Y J，ZHANG G，et al. A comparative study on closed reduction vs. open reduction techniques in the surgical treatment of rotated lateral condyle fractures of the distal humerus in children［J］. Front Pediatr，2022，10：891840. DOI：10.3389/fped.2022.891840.

[12] JUSTUS C，HARUNO L S，RIORDAN M K，et al. Closed and

open reduction of displaced pediatric lateral condyle humeral fractures, a study of short-term complications and postoperative protocols [J]. Iowa Orthop J, 2017, 37: 163-169.

[13] SONG K S, SHIN Y W, OH C W, et al. Closed reduction and internal fixation of completely displaced and rotated lateral condyle fractures of the humerus in children [J]. J Orthop Trauma, 2010, 24 (7): 434-438. DOI: 10.1097/BOT.0b013e3181de014f.

[14] SILVA M, COOPER S D. Closed reduction and percutaneous pinning of displaced pediatric lateral condyle fractures of the humerus: a cohort study [J]. J Pediatr Orthop, 2015, 35 (7): 661-665. DOI: 10.1097/BPO.0000000000000376.

[15] PENNOCK A T, SALGUEIRO L, UPASANI V V, et al. Closed reduction and percutaneous pinning versus open reduction and internal fixation for type Ⅱ lateral condyle humerus fractures in children displaced >2 mm [J]. J Pediatr Orthop, 2016, 36 (8): 780-786. DOI: 10.1097/BPO.0000000000000570.

[16] LIU Y H, SHI W Z, ZHAO H, et al. Closed reduction and percutaneous pinning versus open reduction and internal fixation for Jakob type 3 lateral condyle fractures in children [J]. Int Orthop, 2022, 46 (10): 2291-2297. DOI: 10.1007/s00264-022-05476-0.

[17] XIE L W, DENG Z Q, ZHAO R H, et al. Closed reduction and percutaneous pinning vs open reduction and internal fixation in pediatric lateral condylar humerus fractures displaced by > 4 mm: an observational cross-sectional study [J]. BMC Musculoskelet Disord, 2021, 22 (1): 985. DOI: 10.1186/s12891-021-04880-8.

[18] RIZK A, ESSAWY O. Percutaneous fixation of pediatric humeral lateral condyle fractures [J]. Egypt Orthop J, 2017, 52 (4): 263-272.

[19] TEJWANI N, PHILLIPS D, GOLDSTEIN R Y. Management of lateral humeral condylar fracture in children [J]. J Am Acad Orthop Surg, 2011, 19 (6): 350-358. DOI: 10.5435/00124635-201106000-00005.

[20] LAN X, DAI M, ZHANG B, et al. Comparative study of lateral condyle fracture with or without posteromedial elbow dislocation in children [J]. Int Orthop, 2018, 42 (3): 619-624. DOI: 10.1007/s00264-018-3795-0.

[21] SOUDER C D, ROOCROFT J H, EDMONDS E W. Significance of the lateral humeral line for evaluating radiocapitellar alignment in children [J]. J Pediatr Orthop, 2017, 37 (3): e150-155. DOI: 10.1097/BPO.0000000000000853.

[22] SHAERF D A, VANHEGAN I S, DATTANI R. Diagnosis, management and complications of distal humerus lateral condyle fractures in children [J]. Shoulder Elbow, 2018, 10 (2): 114-120. DOI: 10.1177/1758573217701107.

[23] CHHETRI R S, DHAKAL I, GNAWALI G. Operative management of late presented displaced lateral condyle fracture of humerus in children [J]. JNMA J Nepal Med Assoc, 2018, 56 (209): 527-530. DOI: 10.3109/17453678809149395.

[24] SU Y X, CHEN K, QIN J Q. Retrospective study of open reduction and internal fixation of lateral humeral condyle fractures with absorbable screws and absorbable sutures in children [J]. Medicine, 2019, 98 (44): e17850. DOI: 10.1097/MD.0000000000017850.

[25] KNAPIK D M, GILMORE A, LIU R W. Conservative management of minimally displaced (≤ 2 mm) fractures of the lateral humeral condyle in pediatric patients: a systematic review [J]. J Pediatr Orthop, 2017, 37 (2): e83-87. DOI: 10.1097/BPO.0000000000000722.

[26] GREENHILL D A, FUNK S, ELLIOTT M, et al. Minimally displaced humeral lateral condyle fractures: immobilize or operate when stability is unclear? [J]. J Pediatr Orthop, 2019, 39 (5): e349-354. DOI: 10.1097/BPO.0000000000001311.

[27] TAN S H S, DARTNELL J, LIM A K S, et al. Paediatric lateral condyle fractures: a systematic review [J]. Arch Orthop Trauma Surg, 2018, 138 (6): 809-817. DOI: 10.1007/s00402-018-2920-2.

[28] NAZARETH A, VANDENBERG CD, SARKISOVA N, et al. Prospective evaluation of a treatment protocol based on fracture displacement for pediatric lateral condyle humerus fractures: a preliminary study [J]. J Pediatr Orthop, 2020, 40 (7): e541-546. DOI: 10.1097/BPO.0000000000001491.

[29] LAL S R. Percutaneous K wire fixation in pediatric lateral condylar fractures of humerus: a prospective study [J]. Rev Esp Cir Ortop Traumatol (Engl Ed), 2018, 62 (1): 1-7. DOI: 10.1016/j.recot.2017.10.005.

[30] PRICE C T. The treatment of displaced fractures of the lateral humeral condyle in children [J]. J Orthop Trauma, 2010, 24 (7): 439. DOI: 10.1097/BOT.0b013e3181de2d87.

[31] SONG K S, WATERS P M. Lateral condylar humerus fractures: which ones should we fix? [J]. J Pediatr Orthop, 2012, 32 (Suppl 1): S5-9. DOI: 10.1097/BPO.0b013e318257642a.

[32] GASTON M S, IRWIN G J, HUNTLEY J S. Lateral condyle fracture of a child's humerus: the radiographic features may be subtle [J]. Scott Med J, 2012, 57 (3): 182. DOI: 10.1258/smj.2012.012028.

[33] 陈秋宏，张洪彬，栾波．闭合复位与切开复位克氏针内固定术治疗儿童肱骨髁上骨折的临床疗效观察［J］．贵州医药，2019，43（8）：1278-1280. DOI：10.3969/j.issn.1000-744X.2019.08.033.

[34] HUGHES C W, WILLIAMS R W, BRADLEY M, et al. Ultrasound monitoring of distraction osteogenesis [J]. Br J Oral Maxillofac Surg, 2003, 41 (4): 256-258. DOI: 10.1016/s0266-4356(03)00112-8.

[35] MINTZER C M, WATERS P M, BROWN D J, et al. Percutaneous pinning in the treatment of displaced lateral condyle fractures [J]. J Pediatr Orthop, 1994, 14 (4): 462-465. DOI: 10.1097/01241398-199407000-00008.

[36] SONG K S, KANG C H, MIN B W, et al. Closed reduction and internal fixation of displaced unstable lateral condylar fractures of the humerus in children [J]. J Bone Joint Surg Am, 2008, 90 (12): 2673-2681. DOI: 10.2106/JBJS.G.01227.

[37] SONG K S, SHIN Y W, OH C W, et al. Closed reduction and internal fixation of completely displaced and rotated lateral condyle fractures of the humerus in children [J]. J Orthop Trauma, 2010,

24（7）：434-438. DOI：10.1097/BOT.0b013e3181de014f.
[38] LAUNAY F，LEET A I，JACOPIN S，et al. Lateral humeral condyle fractures in children：a comparison of two approaches to treatment［J］. J Pediatr Orthop，2004，24（4）：385-391.
[39] DENG C Z，SHEN Z，WANG K，et al. A novel approach for the treatment of Jacob Ⅱ and Ⅲ fractures of the lateral humeral condyle in children：Percutaneous Kirschner wire fixation with ultrasound localization［J］. Front Surg，2022，9：1000399. DOI：10.3389/fsurg.2022.1000399.
[40] 杜青，栾静芬. 儿童肱骨外髁骨折综合康复的疗效探讨［J］. 中国康复医学杂志，2004，19（5）：358-360. DOI：10.3969/j.issn.1001-1242.2004.05.012.
[41] IAMES HB，JAMES RK. Rockwood and W ilkins fractures in children［M］. 6th ed. Lipp incott：William sand Wilkins，2006：607-610.
[42] ANIL A，KUMAR S，AGARWAL P，et al. Lateral condylar fractures of the humerus in children - a 13 year follow up study［J］. Tidsskrift for Den Norske Lgeforening Tidsskrift for Praktisk Medicin Ny Rkke，2002，111（10）：1240-1242.
[43] SHABTAI L，LIGHTDALE-MIRIC N，ROUNDS A，et al. Incidence，risk factors and outcomes of avascular necrosis occurring after humeral lateral condyle fractures［J］. J Pediatr Orthop B，2020，29（2）：145-148. DOI：10.1097/BPB.0000000000000698.
[44] SKAK S V，OLSEN S D，SMAABREKKE A. Deformity after fracture of the lateral humeral condyle in children［J］. J Pediatr Orthop B，2001，10（2）：142-152.
[45] GENDI K，LIVERMORE A，BROWNE J，et al. Open vs. closed reduction in type 2 lateral condyle fractures［J］. Iowa Orthop J，2019，39（1）：51-55.

（收稿日期：2023-06-28；修回日期：2023-10-31）
（本文编辑：康艳辉）